



TITLE:

地球の化學成分に就いて(一)

AUTHOR(S):

ワシントン

---

CITATION:

ワシントン. 地球の化學成分に就いて(一). 地球 1925, 4(5): 362-373

ISSUE DATE:

1925-11-01

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/183018>

RIGHT:

水することが出来たにしても放任給水をなしてゐた期間中には降水量が各水源地の貯水量以上になつた場合は逸失することになる。然して各水源地の貯水量は満水せる場合にて本河内高部二百〇一萬八千〇四十七石、本河内低部三百四十一萬一千〇二石、西山貯水池八百二十三萬八千二百九十三石、合計千三百六十六萬七千三百四十二石である。従つて是等の満水面を超えて逸失した水量と湛水中に地下に浸透して行く水量とを考へるときは例ひ水道水源の一部が地下水の透出するものに涵養されてゐるとしてもこの水量と逸失する水量とは相殺して餘りあるものと考へられる。

## 地球の化學成分に就いて

### (一) (ワシントン)

地球内部の物質の分布について、種々の假説中、漸次成分を異にする珪酸鹽物殼に圍まれたるニッケル鐵の中心固態核を想像する説は地球

斯く考察する時は長崎市附近では降水量の九分の四は流水として地表を流れ下り九分の三は蒸發し残り即ち九分の二丈けが地下に浸透して行くことになる。之は地表が緻密な安山岩に被覆され山勢又緩ならざる爲である。

最近長崎市に於て水道水源の水量に不足を感じ水道増設の計畫があつた際長崎市附近の地勢が狹小で地表流水を集むるの區域を新しく求むるの困難なるため地下水利用の議も起つたといふことであるがそれにも拘らず地表流水を利用することに議決され目下その方針にて工事を進捗してゐるといふことは單に上述の點からしても當を得たものと言はねばならぬ。

物理學者も一般に承認するところである。この假説は、オルダム、ウイヘルト、グーテンベルグ、ジュース、デーリー、クラーク、アダムス、

ウイリアムソン、及び著者により主唱せられたもので、其等の意見中には、殻の厚さ、成分の細目、及び連續的なりや否やの點に多少の相異はあるが、大體論として前述の事項は一般に信ぜられて居る。

此等の地球内部の概念は、數種の證憑により得られたものであつて、特に地震波の進行速度、天體の一片と考へられる隕石よりの類推や、比重、剛性、慣性能率、磁性、地球の他の物理性、鑛物及岩石の被壓性、火成岩の化學的及び鑛物學的性質等の概念より到達せられたものである。

最近一二年間に隕石との類推、異なる深さと處とに於ける地震波の速度、鑛物及岩石の被壓性、及び、火成岩の化學等を根據として、地球内部の詳細なる概念を得る様になつた。

地球内部の物質の分布はかくして暗示せられ、アダマス、ウイリアムソン、及び著者により主唱せられたる次の如きものとなつた。

地球の化學成分に就いて

地球の中心核はニッケル鐵より成り、その化學成分及び物理性は鐵隕石又は鐵隕石中の金屬に酷似して居り、たゞ異なるところは、それよりもニッケルが少なく炭素が多いのみである、これ等の金屬核は半徑約三四〇〇浬を有し、平均比重は一〇であり、成分は隕石との類推により恐らく五%内外の燐化物〔シユライベルサイト(Fe<sub>2</sub>Ni<sub>3</sub>P<sub>2</sub>)と炭化物(コーヘン石Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)及び炭素(金剛石 石墨)より成ると考へられる。

中心核より次第に外方に進むに従ひ、珪酸マグネシウム、及び珪酸鐵が多く成り、終にリンスボル殻と成る、この殻に於ては主として橄欖石がまばらに散在し、金屬及び珪酸化合物は平均して等量存在して居る様に思はれ、其比重は平均八で、厚さは約七〇〇浬と言はれて居る。

リンスボル殻は次第に金屬の量を減じ珪酸の量が増加し主として、橄欖石、斜方輝石屬及び少量の灰曹長石より成り、二五—一〇%或はそれより少量のニッケル鐵散在するフェロスボル殻と成る、鑛物的成分としてはこの物質は、コ

ンドロ石的の石質隕石に似て居るが、多分組織的には異なり、コンドロ石組織や凝灰岩組織に缺けて居るならんと思はれる、比重約六厚さ約七〇〇籽である。

フェロスボル殻と續いて上層は、次第にニッケル鐵がなくなつて主として鐵及びマグネシウムの珪酸鹽より成り、斜方輝石屬のもの多く、橄欖石は少なく成り、いくらかの輝石及び主として曹灰長石より成る長石を伴ひ居る橄欖岩殻であり、組成物質は主として橄欖石である、この圈内には殆んどニッケル鐵は見られず、一般成分はアコンドル石質隕石に似て居る、その平均比重は約四・〇厚さは一五〇〇—一六〇〇籽である。

此等の多少の珪酸鹽を有する殻中には、隕石より類推すれば、多分亞クロム酸鹽と共に、主として、硫化物(單硫鐵礦、オルダム石、燐化物(シュライベルサイト)炭化物(コーヘン石)及び鹽化物(ローレンサイト)より成る酸化物以外の化合物を有し、恐らく上層に於ては、硼化物、

窒化物も存在するならんと思はる。

橄欖岩殻の上層は多分これと連續的に六〇—一〇〇籽の地殻を構成して居り、その内下部約四〇籽が一般に、玄武岩的か又は斑糲岩的組成を有し、比重は三・二で、玄武岩殻と言ふ。その上部は吾人の直觀にふれる、比重約二・八なる花崗岩的又は花崗閃綠岩的組成を成し居る一五—二〇籽の部分で、花崗岩殻と言ふ。普通火成岩として吾々の討議に上るものは、この僅か二〇籽内外の薄き部分のものゝみである。火成岩層及び變質した火成岩及び水成岩については、其等がもと火成岩より變れるものであり、其量も地球全體の成分を討議する上には無視してよい程少量なればこゝに考慮する必要を認めない。

上述の如き地球内部の成分分布は、明らかに試験的の粗雑な概算に過ぎぬが、その概要や多くの細目に於ても種々の類推的の證明により相當正しいものと考へられる。依つて吾人は是を假りに正しいものとして、想像的分布中に示さ

れたる材料を利用し、全地球の一般成分の概念に達せんとするのである。

其豫備として先づ中心核及び數種の殻の體積と質量とを考へる(第一表參照)。地球は半徑六

四〇〇浬の球と假定して、假定的比重、計算による體積及び質量が略正しいことは、それより誘導せる平均比重五・四九が已知の比重五・五二に殆んど等しいことにより知ることが出来る。

第一表 地球の體積及び質量

	中心核	リッス ボール殻	フエロス ボール殻	橄欖岩殻	玄武岩殻	花崗岩殻	全地球
殻の厚さ(浬)	三四〇〇	七〇〇	七〇〇	一五〇〇	四〇〇	一〇	六四〇〇
體積( $\text{cm}^3 \times 10^{21}$ )	〇・一六四六	〇・〇六四一	〇・三三四五	〇・六四三	〇・〇一〇一	〇・〇一〇一	一・〇九二〇
比重	一〇・〇	五・〇	五・八	四・〇	三・一	二・八	五・四九
質量( $\text{kg} \times 10^{21}$ )	一・六四六	〇・五三	一・三六〇	二・四一七	〇・〇六五	〇・〇二九	六・〇三〇
質量%	二・三〇	八・五	三三・五	四〇・八	一・〇八	〇・四八	一〇〇・〇〇

各殻の成分を計算するのに次の如き假定を用ひた。

ニッケル鐵中心殻の組成分はフアリングトンに依つて計算せられた三一八個の鐵隕石の平均組成分と等しいものと假定した。鐵隕石の多くの分析にて示されたる硫黃、磷及び炭素の百分率は、一般にかくの如き場合の分析資料中にはトロイライト、シュライベルサイトの小塊や石

墨の正當分量を含んで居らぬから、實際よりも値が少である。又實際よりもニッケルの値は過多で、炭素の量が過少になつて居ることはオビファク及びビュールに産出する玄武岩鐵がこれより少量のニッケル及び多量の炭素を含有することにより推測せられる。

リッスボール殻の物質はバラストイト隕石より類推して等量のニッケル鐵及び橄欖石より成

り居る様に思はれる。金屬は核心の物と同成分を成し、橄欖石は  $MgO:FeO$  が 5:1 でパラサイト中の橄欖石と似たものならんと想像せられる、チルビンスキーのパラサイト輝石及び多くのパラサイトの研究結果は余の想定成分と一致して居る。

フエロスボール殻の組成分は、メリルの石質隕石五三個の分析平均組成分と等しからん。氏

の平均法は各個の百分率の和を材料の數により割つたもので其材料中にはアコンドライト隕石の分析結果をも含んで居るが數が少ないからひゞくは結果に影響して居らぬ。

橄欖岩殻の組成分に對しては、著者のアコンドライト隕石二〇種 of 分析平均値を取つた、これ等の材料は特に優秀なものを精選したものである。

第二表 地球を構成する元素及其量

	中心核	リッス ボール殻	フエロス ボール殻	橄欖岩殻	玄武岩殻	花崗岩殻	全地球
鐵	九〇・六七	四五・三四	一二・一八	一・一八	—	—	三・八二
ニッケル	八・五〇	四・二五	一・五七	〇・三三	—	—	三・一六
コバルト	〇・五九	〇・三〇	〇・〇七	〇・〇四	—	—	〇・三三
酸素	—	二・一一	三七・一〇	四二・〇五	四四・二四	四六・五九	二七・七一
珪素	—	九・三五	一八・二四	三三・〇〇	三三・二四	二七・七二	一四・五三
アルミニウム	—	—	一・五五	三・二六	八・四六	八・一三	一・七九
鐵 (珪酸鹽)	—	六・一八	一〇・七	一二・三三	八・八六	五・〇一	七・九四
マグネシウム	—	一三・三六	一三・八八	一〇・九一	三七・八	二・〇九	八・六九
カルシウム	—	—	一・七二	五・〇九	六・五一	三・六三	二・五二

ナトリウム	—	—	—	0.65	0.50	3.25	2.65	0.50
カリウム	—	—	—	0.14	0.31	1.28	2.60	0.14
チタニウム	—	—	—	—	—	0.83	0.63	0.01
クロミウム	—	—	—	0.34	0.31	—	0.04	0.10
マンガン	—	—	—	—	0.18	0.25	0.10	0.07
硫黄	0.04	0.01	1.82	—	0.54	—	0.05	0.64
磷	0.17	0.09	0.11	—	0.06	0.10	0.31	0.11
炭素	0.03	0.01	0.15	—	—	—	0.09	0.04
其他	—	—	—	—	—	—	0.34	—
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

平均法はクラーク、ワシントン及びメリル等により用ひられた方法で、其値は地上のペリドタイトに就いてのデーリーの平均値とは非常に相異して居り、ニュージーランドの橄欖輝綠岩やブラジル及び印度の角閃紫蘇輝石岩や、ハワイの橄欖玄武岩の分析値とよく似て居る。

地殻低所の玄武岩殻の組成はデーリーの玄武岩の平均組成分の如きものであるとし、最上層の花崗岩殻の組成分については、花崗岩の最近の平均成分を用ひた。但しこの兩者についてチ

タニウム、磷、クロミウム及びマンガン以外の僅少成分は地球の成分を考へる場合 unnecessary のとして無視した事は勿論である。

第二、三及び四表に掲げたる化學的及び鑛物學的組成分は明らかに粗雑な近似値であるが、其等は地球の平均組成に於ける符合に依り可成り正確なりと思はれる組成分及び質量についてなされた假定の上に立つものであること、及び分析材料の少なきこと、成分の不規則なる分布により偶發する困難の影響を受けること、例へ

ば核心、リンスボール殻及び其他全地球内に於ける、硫黄、磷、炭素の百分組成に見るが如く、鐵隕石又はリンスボール隕石中には、此等の物は小塊として入り居るを以て多くの場合、試料抽取にあたり、さけられる結果實際値よりは低き値を得ることなどは注意せねばならぬ。又鹽素は鐵質及び鐵石質隕石中に  $\text{FeCl}_2$  として含有せられ居るにかゝわらず、定量せられたことなき點より推して過少に見積られて居ると思はれる。實際多分隕石の完全な新式分析は非常に必要なことで、博物館の管理者に對しても、唯硝子箱に入れて陳列するのみを以て能事終れりとなさず、假令多量を試料として消費するとも更に精細に研究せられんことを希望する、併しかくの如き過りや防害あるにかゝわらず、多くの隕石の分析により得たる地球の組成分の概念は可成り正確である。

先づ元素について考へん、鐵は最も多量であり、此と酸素、珪素、及びマグネシウムの四元素は地球の九〇・七%をしめ居り、これにニッケ

ル、カルシウム、アルミニウムの三元素を合すれば九八・二%と成り、更に一%以下の他の五元素、硫黄、ナトリウム、コバルト、クロミウム、及びカリウムを合して九九・八%を成す。又磷は〇・一%をしめ、炭素及び鹽素は共に〇・〇五%以下である。

要するに地球は一二—一四の元素より成つて居る。

第三表 地球の成分

著者	フアリングトン		クラーク
	(九五)	(元二)	(九四)
鐵	三・八二	六・八四三	六・七二〇
ニッケル	三・一六	六・五〇	六・〇四
コバルト	〇・二三	〇・四四	〇・四一
酸素	二七・七一	一〇・一〇	一二・七七
珪素	一四・五三	五・二〇	六・九八
マグネシウム	八・六九	三・八〇	二・一三
鐵 (珪酸鹽)	七・九四	三・六三	金屬中二
カルシウム	二・五二	〇・四六	一・一二
アルミニウム	一・七九	〇・三九	一・八六
硫黄	〇・六四	〇・四九	〇・九六
ナトリウム	〇・三九	〇・一七	〇・五八



クロミウム	〇・二〇	〇・〇九	〇・〇七
カリウム	〇・一四	〇・〇四	〇・三九
燐	〇・一一	〇・一四	〇・一六
マンガン	〇・〇七	〇・〇三	〇・〇八
炭素	〇・〇四	〇・〇四	—
チタニウム	〇・〇二	—	〇・一五
合計	一・〇〇・〇〇	一・〇〇・〇〇	一・〇〇・〇〇

クラークはニッケル鐵の中心核がリンスボール殻により圍まれ居り、兩者は等容量で其等の質量比は 1:1.39 なりとの假定のもとに全地球の組成分を計つた、其結果は第三表第三段目にあげてある。フアリングトンは地球の組成分が隕石の平均組成により表はされべきことを暗示し、鐵隕石三一八個の分析及び石質隕石一二五個の分析を平均して第三表第二段の如き結果を得た。此他にハーキン、によつても結果を掲げられ居り、其等は共に相似たものであるが、著者の得た結果とは鐵の量の多き點が異なる、これは根本の假定に相異なるが爲である。

地球内部の最も多量の元素は地殻中に於ける

地球の化學成分に就いて

ものと同様に、低き元子量及び元子番號を有する物で其内最高の元子量を示すものはコバルト (59) で、最高の元子番號を有するものはニッケル (28) である。オッド及びハーキンスは地殻及び地球内部に於て、元子番號偶數の元素は奇數の元素より多くの場合多量に存在して居ることを注意した。

又全地球の組成分については特に地殻中に多量に存在して居るものが全體としては少量存在するのみであることが注意せられる (例 アルミニウム、ナトリウム、カリウム、チタニウム及びマンガン等)。

地球の成分を酸化物や鑛物の形であらはすには、元素によつて示された分布の一般數字より、鐵が地球内部に於て殆んど第二鐵としては存在せず第一鐵の形を成し居ること以外に他の元素は普通の酸化物の形を取るから、容易に計算によつて第四表の如きものを得られ、又第四表の數字より計算によつて得た "Norm" を基礎として各殼の鑛物的組成の第五表を得た。

第四表 酸化物にて表はす地球の成分

	中心核	リソス ボール殻	フエロス ボール殻	橄欖岩殻	玄武岩殻	花崗岩殻	全地球
鐵	九〇・六七	四五・三四	一二・二七	一・一八	—	—	三三・八二
ニツケル	八・五〇	四・二五	一・五七	〇・三三	—	—	三・一六
コバルト	〇・五九	〇・三〇	〇・〇七	〇・〇四	—	—	〇・二三
シリカ	—	一九・九〇	三九・二四	四八・九三	四九・〇六	五九・一二	三〇・九四
アルミナ	—	—	二・九二	六・二五	一五・七〇	一五・三四	三・二七
酸化第二鐵	—	—	—	—	五・三六	三・〇六	〇・〇七
酸化第一鐵	—	七・五五	一四・七九	一五・八六	六・三七	三八・〇	一〇・四七
マグネシヤ	—	二三・二五	三・九九	一八・一七	六・二七	三・四九	一四・四三
石灰	—	—	二・四五	七・二二	八・九五	五・〇八	三・五三
曹達	—	—	〇・八九	〇・六七	三・二一	三・八四	〇・五三
加里	—	—	〇・三二	〇・二七	一・五二	三・一三	〇・二〇
水	—	—	—	—	一・六二	一・一五	〇・〇三
酸化チタン	—	—	—	—	一・三六	一・〇五	〇・〇二
酸化クロム	—	—	—	〇・四五	—	—	〇・二九
五酸化磷	—	—	〇・二七	—	〇・四五	〇・三〇	〇・一一
酸化マンガ	—	—	—	〇・三三	〇・三二	〇・二二	〇・一六
硫黄	〇・〇四	〇・〇一	一・八二	〇・五四	—	〇・五	〇・六四
磷	〇・一七	〇・〇九	—	〇・〇六	—	—	〇・一一

炭	0.07	0.01	0.15	—	—	0.10	0.04
其他	—	—	—	—	—	0.2元	—
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

第五表 鑛物にて表はす地球の成分

	中心核	リソス ボール殻	フエロス ボール殻	橄欖岩殻	玄武岩殻	花崗岩殻	全地球
$\text{Fe}_2(\text{Ni}, \text{CO})$	九・三四	四九・三四	一〇・五五	一・五七	—	—	三四・〇三
$2(\text{Ni}_2, \text{Fe})\text{OSiO}_2$	—	五〇・〇〇	四二・二〇	二・六二	〇・四八	—	一六・九三
$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{OSiO}_2$	—	—	三三・六	四三・九二	二二・六八	八・七六	三三・〇三
$\text{CaO}(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O } 2\text{SiO}_2$	—	—	五・五九	一八・三三	一四・二一	六・五八	八・九七
$\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$	—	—	三・四	一三・三三	二五・一〇	一五・五四	六・三九
$\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{SiO}_2$	—	—	七・四	五・八三	二六・八〇	三三・一二	四・四五
$\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{SiO}_2$	—	—	一・二	一・六九	八・九五	一八・六五	一・二二
$\text{FeS}$	〇・二二	〇・〇三	四・九	一・五三	—	—	一・七
$(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$	一・三三	〇・五九	—	—	—	—	〇・五三
$\text{Fe}_3\text{C}$	〇・四二	〇・一四	—	—	—	—	〇・三三
$\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$	—	—	—	—	一〇・七	六・四九	〇・一五
Apatite	—	—	—	〇・七	一・〇一	〇・六	〇・一三
$\text{SiO}_2(\text{free})$	—	—	—	—	—	一〇・八	〇・五
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

地球の化学成分に就いて

これは異なる殻の成分を互に比較するには如何によく符合する抽象的數字も有効でなく寧ろ礦物的成分を以てするを可とするが爲である。

第二、三及び四表の數字を注意すれば、地球の中心より表面にうつるに従ひ各成分物質の量及び種類に可成り一定せる規則正しき過程のあることが明らかである、是等の漸變的分布は非常に多くの成分に對して適用せられ且つそれ等は地球の一般的構造に對する説明及び其構造が如何にして起るかの説明に對し或關係を有する様に思はれる。

ニッケル鐵の量は中心の殆んど全成分をなし居る處より絶間なく減じて橄欖石殻及び地殻では全く見られぬ様に成る。是れと同時に珪酸鹽類の量は核心の外方より存在を示し急にリンスポール殻では増加し、それより次第に増加が緩やかと成つて橄欖石殻では最も多くなり殆んど全成分をなし、それより地殻に移るに従ひ、磁鐵礦や石英などが入り来る爲に次第に減少する。

酸化物以外の成分については、硫化鐵はフェロスポール殻に於ては最も多量であり、それより上下に次第に減少する。ニッケル鐵中の燐化物(シユライペルサイト)及び炭化物(コーヘン石)は共に中心より外方に行くに従ひ減少するに反し、クロマイトは次第に増加して橄欖岩殻に於ては最も多くなる。是等の過程は隕石中の各礦物の比較量と一致する、即ちシユライペルス石、コーヘン石及び石墨は鐵隕石中では最も普通であり、石質隕石中ではクロマイトが普通であり、トロイライトは兩者に含まれて居る。

珪酸鹽類中オルト珪酸鹽の橄欖石はリンスポール殻に於ては最多量であつて、それより外に移るに従ひ減少し、フェロスポール殻に於てはメタ珪酸鹽の輝石により置換せられ居り、玄武岩殻に於ては殆んど全部置換せられ花崗岩殻に於ては全部無くなつて居る。これと同時に透輝石は斜方輝石に比し外方に行くに従ひ次第に増加して居ることを見る。長石はフェロスポール殻に於ては少量存在して居るのみであるが、外

方へ行くに従ひ次第に増加し花崗岩殻に於ては重要成分を成す。フェロスポール殻に於ては灰長石よりも斜長石が多いことはコンドライト隕石に於ては長石が主として灰曹長石であることに一致する。又其次の外殻は灰長石の方が斜長石よりも多く成りコンドライト隕石の長石が曹灰長石であることに一致し、これより上に成ると斜長石が急に増加する。正長石はフェロスポール殻中には殆んど存在しないが上に成るに従ひ連續的に増加して花崗岩殻では非常な量と成る石英は花崗岩殻中には多量にあるが隕石中には殆んど見られない、併し鱗石英は時々稀有な鐵石隕石中に發見せられる。

礦物の分布過程と同様のことは又元素及び酸化物の分布過程に於ても明らかに見られる。金屬及び珪酸鹽狀の鐵は中心に於ても最も重要な元素であるが、其量は外側に成るに従ひ次第に減少して、金屬としては橄欖岩殻中では消滅し花崗岩殻に於ては第四番目の成分と成つてしまふ。酸素は中心核に於ては存在せぬが、急にリ

ソスポール殻に於ては第二番と成り、續いて次第に増加するのみであるが、外殻にては最も重要な元素と成る。酸化第二鐵が石質隕石及び鐵隕石中に變化した物として有る以外に存在せず、隕石中の鐵の酸化物は主として酸化第一鐵で稀に $\text{FeO}$ であることは注意すべきである。金屬鐵と酸素の量の逆の過程と平行して核心及びリソスポール殻中に於ける非酸化物シュライベルサイト、コーヘン石、石墨等の生成減少及び石英の最も外方の花崗岩殻中に於ける出現がある。硫化物は燐化物、炭化物及び酸化物の中問體の位置をしめ、ドーブレ石( $\text{FeS}$ ,  $\text{Cr}_2\text{S}_3$ )はたゞ鐵中に存在し單硫化鐵鏤( $\text{FeS}$ )は鐵及石質隕石中に在り、オルダム石( $\text{CaS}$ )は稀に石質隕石中に存在するのみである。(未完)